

УДК 62-592.527

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТОРМОЖЕНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПУТЁМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЖЕНИЕМ ЕГО ОСИ

*Коваленко Н.Р., студент*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Институт информационных технологий,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Шпак И.И. – канд. техн. наук, доцент каф. ИСиТ*

**Аннотация.** В статье приведены результаты, полученные в процессе создания системы автоматического управления торможением оси. Разработанная система позволяет обеспечить более эффективное управление при экстренном торможении, являясь подсистемой электронных тормозов автопоезда. Автором статьи выполнено схемотехническое проектирование системы, разработаны алгоритм и программное обеспечение ее функционирования, а также конструкция печатного узла, с применением современной САПР.

**Ключевые слова.** Транспортное средство, система активной безопасности, АБС, тормоз, торможение, микроконтроллер, схемотехническое проектирование, разработка алгоритма и программного обеспечения, САПР, печатный узел.

В современных условиях автомобильный транспорт и целый ряд преимуществ, которые обеспечиваются благодаря наличию автомобилей, воспринимаются как само собой разумеющееся. Для реализации в полной мере всех преимуществ и удобств, предоставляемых развитой транспортной инфраструктурой, переизбытком общественного, личного, и особенно грузового автотранспорта, необходимо, однако, обязательно выполнение важнейшего условия для безопасного управления транспортными средствами – обеспечение возможности останова этих средств в случае необходимости, т.е. их торможения.

Традиционные (механические) тормозные системы, хотя и достаточно эффективны, имеют свои ограничения, особенно в условиях экстренных ситуаций. Одним из таких ограничений является зависимость эффективности торможения от опыта водителя. Так, при недостатке такового, одновременно следить за траекторией движения, объектами на пути, скоростью и состоянием колёс представляется слишком сложной задачей.

При внезапном возникновении аварийной ситуации водитель может испугаться и нажать на педаль тормоза сразу до упора, что, в свою очередь, приведёт к передаче максимального тормозного усилия на колесо и, с высокой вероятностью, заблокирует его.

Такое развитие событий ещё больше усложняет ситуацию, что особенно критично в случае транспортных средств, обладающих высокой инерционностью, т.е. для грузового автотранспорта.

Следующей проблемой механических тормозов является ограниченность их в области использования фрикционных материалов. Так, например, пневматические тормозные системы обеспечивают эффективное торможение при большей, чем у гидравлических, силе прижатия [1], однако время их срабатывания уступает гидравлическим системам.

Решением обозначенной проблемы может быть разработка электронного блока управления [2], который позволяет значительно ускорить время срабатывания благодаря замене среды передачи – с воздушной на электронную, которая обладает гораздо большей скоростью передачи сигналов.

Стремительные изменения в технологическом прогрессе привели к разработке интеллектуальных систем, предназначенных для повышения эффективности тормозной системы и снижения риска возникновения опасных ситуаций. Так, системы АБС, впервые появившиеся в конце XX века, представляют собой интегрированные решения, направленные на предотвращение блокировки колес во время торможения. В последние десятилетия эта технология стала стандартом безопасности в современных автомобилях.

Одним из путей решения обозначенной в [2] проблемы является разрабатываемая система автоматического торможения оси транспортного средства.

Созданная система осуществляет контроль: давления в тормозных камерах; скорости колёс; степени износа тормозных колодок; процессов торможения на скоростях выше 10 км/ч. Проводится самодиагностика, а при обнаружении отклонений от требуемых значений контролируемых параметров, система полностью передаёт управление процессом торможения водителю. Она также осуществляет связь с блоком управления системой электронных тормозов и блоком управления приборной панелью посредством шинного интерфейса CAN.

Процесс запуска и самодиагностики системы можно описать следующим образом: поворот водителем ключа зажигания обеспечивает подачу к системе напряжения питания 24В. Далее напряжение, преобразованное с целью снижения мощности, потребляемой системой, подаётся на блок управления и начинается инициализация системы, после чего осуществляется диагностика

датчиков и управляемых устройств. При обнаружении неисправностей система не может далее выполнять свои функции, переходит в режим прямой передачи управления водителю – работает «насквозь» и сообщает о наличии неисправностей по CAN шине либо с помощью блока индикации. В случае успешного прохождения самодиагностики блок управления переводит систему в рабочий режим и ожидает начала движения транспортного средства. В рабочем режиме периодически выполняется повторная диагностика всех узлов системы, чтобы удостовериться в её способности исправно выполнять заданные функции. Информацию о скорости автомобиля блок управления получает путём обработки сигнала, поступающего с датчиков частоты вращения колёс (ДЧВК), а также по CAN шине от блока управления панели приборов и, при необходимости, от двигателя. При достижении водителем скорости, превышающей 10 км/ч система, начинает оказывать активную помощь водителю при торможении. Параллельно этому процессу система собирает информацию о давлении в тормозных камерах (в процессе движения оно должно быть равным атмосферному), получаемую от датчиков давления; состоянии тормозных колодок, износ которых определяется замыканием датчика износа на массу по мере ухудшения состояния колодок.

На рисунке 2 представлен график зависимости коэффициента сцепления  $\mu$  от скольжения колёс  $\lambda$ .

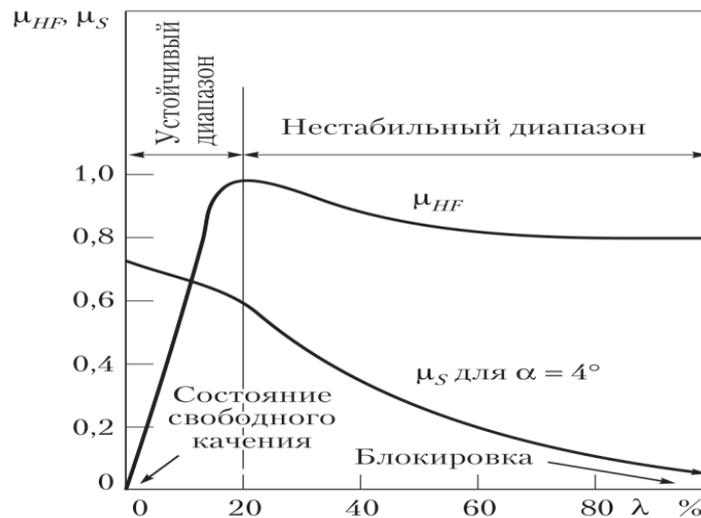


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента сцепления от скольжения колёс

. Если  $\lambda=0\%$ , то колеса вращаются свободно, без воздействия на них дорожного сопротивления трению. Коэффициент скольжения  $\lambda=100\%$  соответствует скольжению (юзу) колеса, когда оно переходит в заблокированное состояние. При этом значительно снижаются эффективность торможения, устойчивость и управляемость автомобиля при торможении [3].

Для большинства дорожных покрытий при значениях  $\lambda$  в интервале от 10 до 30 %  $\mu$  достигает максимальной величины, что позволяет поддерживать оптимальный баланс между эффективностью торможения и блокировкой колёс.

При экстренном торможении значительное усилие на педаль тормоза может вызвать блокировку колес. Сила сцепления шин с дорожным покрытием при этом резко ослабевает, и водитель теряет управление автомобилем.

Система управления торможением оси призвана обеспечить постоянный контроль за силой сцепления колес с дорогой, и соответственно регулировать в каждый момент тормозное усилие, прилагаемое к каждому колесу управляемой оси. [3]

Для обеспечения этого функционала, нажатие педали тормоза, приводящее к изменению давления в управляющей магистрали, подаёт сигнал системе о начале процесса торможения. Система «отсекает» управляющую магистраль от клапанов управления давлением и регулирует их работу в автоматическом режиме. Блок управления осуществляет замеры текущей скорости вращения колес, оценку реальной скорости автомобиля, расчет проскальзывания колес, ограничение или снижение соответствующего тормозного давления при росте проскальзывания колеса и поддерживает связь с блоком управления системой электронных тормозов для согласования процесса торможения. Для поддержания тормозного давления включается клапан отсечки, для снижения тормозного давления одновременно включаются клапана отсечки и выпуска.

На основе рассмотренной структурной схемы была разработана её схема электрическая функциональная, проведен выбор функциональных узлов [4] и разработана схема электрическая принципиальная.

Блок управления в системе реализован на основе микроконтроллера STM32F042C6T6, который отвечает за получение и обработку поступающих сигналов, а также выработку и передачу управляющих воздействий на электромагнитные клапана и обмен по шине CAN [5].

Выбранный тип контроллера пользуется большой популярностью в мире благодаря невысокой цене, стабильности параметров, большому количеству информационных ресурсов с активным сообществом разработчиков и широкой поддержкой производителя [6].

На рисунке 3 представлена упрощённая структура данного микроконтроллера, разработанная на основе использования материалов [5], [7] и [8].

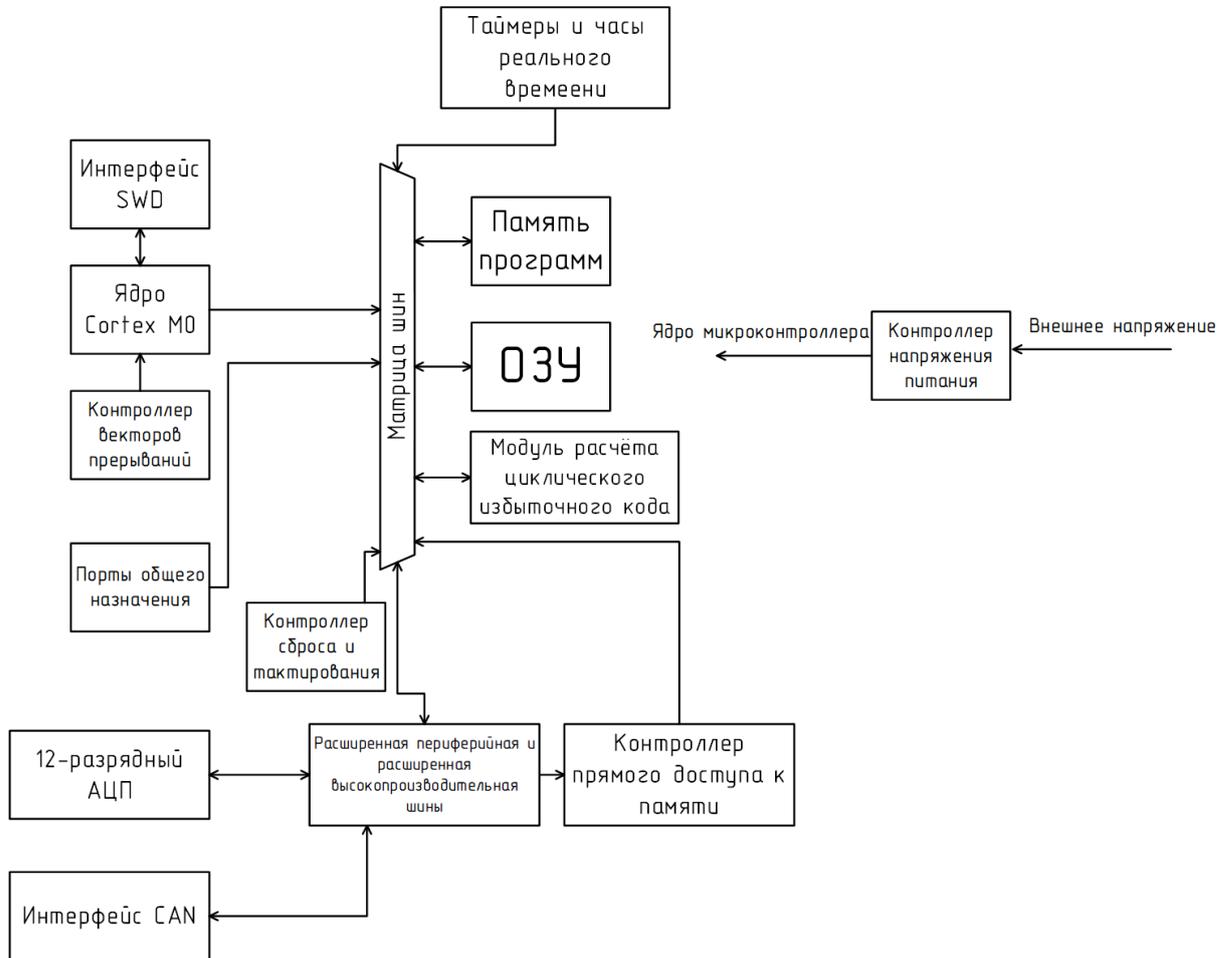


Рисунок 3 – Упрощённая структура микроконтроллера STM32F042C6T6

Для реализации разработанной системы была выбрана современная элементная база, и проведён расчёт функциональных узлов. Поэтапно были разработаны алгоритм работы блока управления, приведённый на рисунке 4, и программное обеспечение для микроконтроллера.

После выбора основных конструктивных элементов в соответствии с особенностями работы было проведено их размещение на плате.

Так, например, гнезда подключения питания и электронные ключи сгруппированы отдельно в связи с большими протекающими токами и, как следствие, необходимостью рассеивать увеличенное число тепла вокруг микросхем. Отдельно расположена чувствительная к помехам аналоговая часть схемы, представленная датчиками давления и пассивными компонентами, служащими целям защиты и фильтрации. В правой части платы расположена цепь защиты и преобразования питания, которая является второй по количеству выделяемой тепловой энергии. Такое расположение позволяет распределить локализацию источников тепла по всей площади платы.

После размещения элементов на плате для оптимизации тепловыделения и уменьшения количества линий связи следует локализовать области сплошной металлизации – полигоны. Наиболее подходящей цепью для этих задач, как правило, является цепь общего проводника. В данном случае присутствует необходимость разделения полигона на две части – аналоговую и цифровую, что позволяет снизить влияние помех, вызванных переключением цифровых элементов, на аналоговую часть схемы.

Так как в качестве основного способа монтажа был выбран поверхностный, это позволило использовать маломощные элементы небольшого размера, а при необходимости повышать плотность монтажа. Также, данный тип монтажа элементов позволяет снизить влияние паразитных параметров по сравнению с выводным монтажом, что обеспечивает возможность применять автоматические сборочные линии для повышения эффективности производства [9].

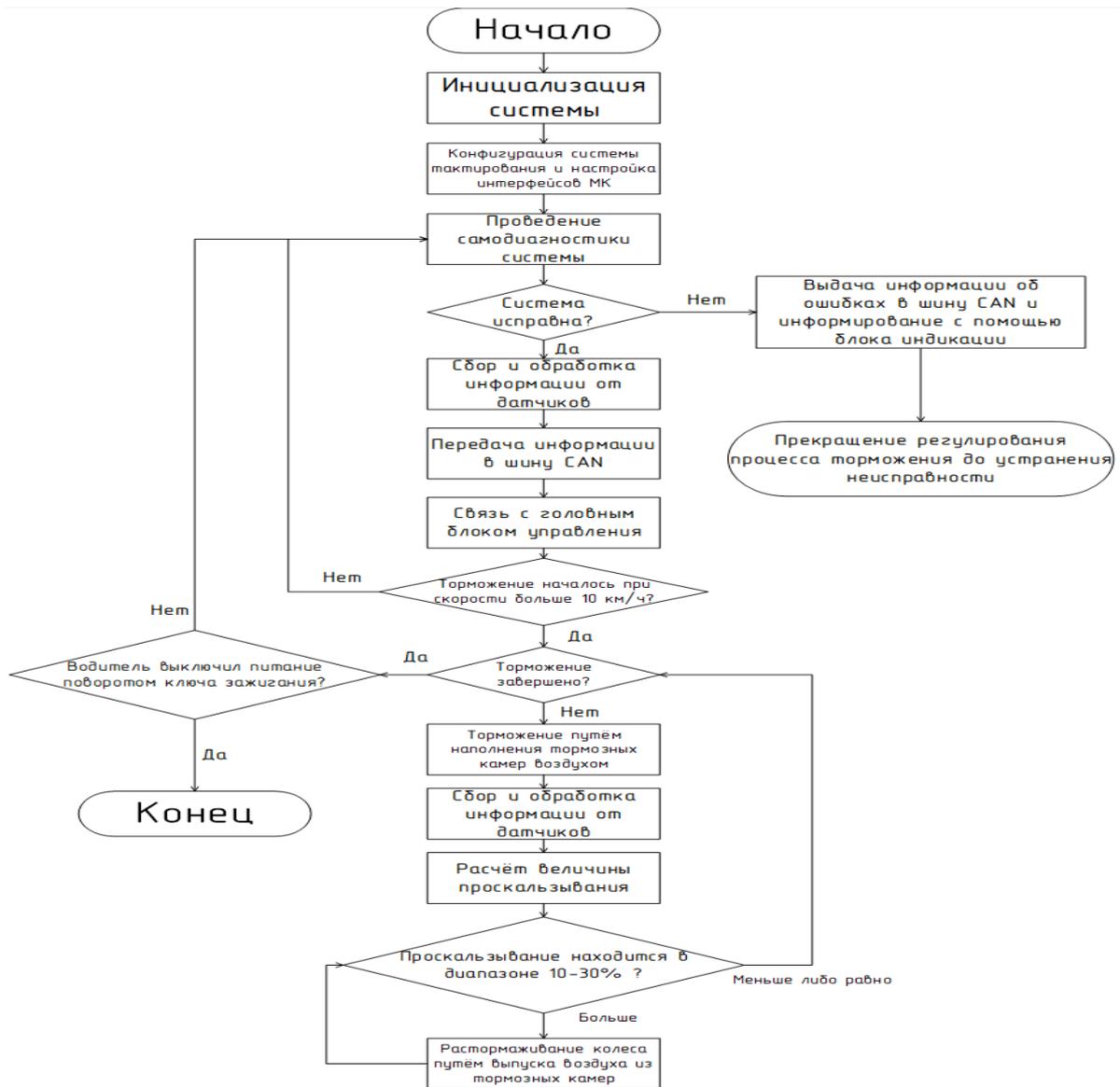


Рисунок 4 – Алгоритм работы блока управления системы автоматического торможения оси автотранспортного средства

3-D модель разработанной печатной платы после завершения работ по трассировке представлена на рисунке 5.

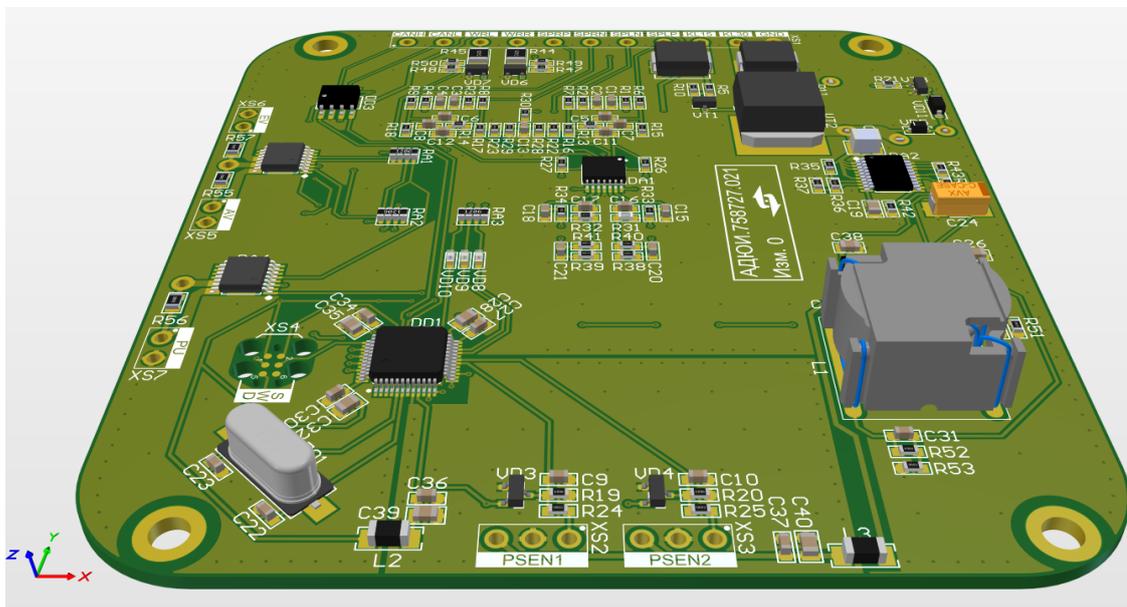


Рисунок 5 – Трёхмерная модель печатной платы

Целью такого размещения компонентов было увеличение удобства отладки и ремонта платы в будущем – большинство элементов находится на одной стороне монтажа, что позволяет обеспечивать удобный доступ для диагностических щупов. Дополнительные переходные отверстия по всей плате и использование полигонов позволяет эффективно рассеивать тепло.

Использование полигонов металлизации позволяет достичь высокой эффективности рассеивания тепла при продолжительной работе системы под высокими нагрузками, позволяет уменьшить количество отдельных линий связи посредством создания дополнительных проводников, а также снизить влияние помех и паразитных параметров цепи посредством снижения общего сопротивления цепи земли, а также вышеописанного уменьшения количества отдельных печатных проводников.

Разработанная система автоматического управления торможением оси транспортного средства, будучи использованной в качестве подсистемы общей электронной тормозной системы, позволяет существенно повысить эффективность торможения автотранспорта, и тем самым обеспечить безопасность пассажирских и особенно грузовых перевозок. Спроектированная система может быть отнесена к одной из первых попыток создания отечественных разработок, не уступающих по функционалу и эффективности зарубежным аналогам [10].

В настоящее время разработанная система автоматического торможения оси автотранспортного средства находится на стадии проведения испытаний макетного образца и готовится к внедрению на предприятиях автомобильной промышленности РБ и РФ.

**Список использованных источников:**

1. ДрайвНН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drivenn.ru/journal/novosti/3-prichiny-pochemu-na-gruzovikah-tormoza-pnevmaticheskie-a-ne-gidravlicheskie-id31600>.
2. Драйв ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive.ru/technic/4efb331400f11713001e38cb.html>.
3. Савич Е.Л. Легковые автомобили: учебник / Е.Л. Савич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Минск: Новое знание, 2013. – 758 с.
4. Выбор микроконтроллера. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech-geek.ru/choosing-microcontroller/>.
5. Спецификация микроконтроллеров STM серии STM32F042. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/500/DOC025500093.pdf>.
6. Рекомендации по выбору микроконтроллера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/micros/micros.htm>. Дата доступа: 13.12.2023.
7. Руководство по программированию микроконтроллеров STM серии STM32F042 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.st.com/resource/en/programming\\_manual/pm0215-stm32f0-series-cortexm0-programming-manual-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/programming_manual/pm0215-stm32f0-series-cortexm0-programming-manual-stmicroelectronics.pdf).
8. Справочное руководство о микроконтроллерах серии STM32F042 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.st.com/resource/en/reference\\_manual/rm0091-stm32f0x1stm32f0x2stm32f0x8-advanced-armed-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/reference_manual/rm0091-stm32f0x1stm32f0x2stm32f0x8-advanced-armed-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf).
9. Информационный портал «Первоисточник» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://syktyvkar.1stochnik.ru/news/81398>.
10. Информационный портал фирмы Wabco [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150800153.pdf>.

UDC 62-592.527

## INCREASING THE EFFICIENCY OF THE BRAKING SYSTEM OF A TRUCK VEHICLE BY AUTOMATICALLY CONTROLLING THE BRAKING OF ITS AXLE

*Kavalenka N. R.*

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Shpak I.I. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*

**Annotation.** The article presents the results obtained in the process of creating an automatic axle braking control system. The developed system allows for more efficient control during emergency braking, being a subsystem of the electronic brakes of a road train. The author of the article completed the circuit design of the system, developed the algorithm and software for its operation, as well as the design of the printed circuit assembly, using modern CAD.

**Keywords.** Vehicle, active safety system, ABS, brake, braking, microcontroller, circuit design, algorithm and software development, CAD, printed circuit assembly.